

**Un repaso de los actuales equipos comerciales para el calibrado de frutas y hortalizas según su apariencia externa.**

## Calibradores en líneas de manipulación de producto fresco

G.P. MOREDA CANTERO<sup>1</sup>,  
F. J. GARCÍA RAMOS<sup>2</sup>,  
C. VALERO UBIERNA<sup>1</sup>,  
M. RUIZ ALTISENT<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Laboratorio de Propiedades Físicas.  
Dpto. Ingeniería Rural. UPM

<sup>2</sup>Escuela Politécnica Superior  
de Huesca. Universidad de Zaragoza.

Los productos hortofrutícolas destinados al consumo en fresco pasan, desde su llegada a la central hasta el momento de su expedición, por una serie de operaciones de acondicionamiento.

Las máquinas encargadas de clasificar la fruta son los calibradores; reciben este nombre porque en la primera etapa de mecanización del sector poscosecha estas máquinas clasificaban la fruta únicamente por tamaño o calibre. Hoy día, la situación es bien distinta, ya que los calibradores, aparte de clasificar el producto según tamaño y/o peso, lo hacen según criterios de color, defectos

**Entrada a cámara de iluminación de un calibrador por visión artificial.**

externos e incluso atendiendo a su calidad interna. Actualmente, los calibradores más extendidos son los que emplean pesado electrónico, visión artificial (videocámaras) o ambos simultáneamente.

Los calibradores electrónicos han desplazado a los puramente mecánicos en las modernas instalaciones, más que por una eficiencia técnica superior, que a menudo no se cumple (Cuadro 1), por dos aspectos cruciales: el daño infligido al producto, que suele ser menor en los primeros, y a las limitaciones mecánicas, que al no estar asociados a un sistema electrónico, no contabilizan los frutos

que desvían por cada salida y, por tanto, no suministran información inmediata al sistema informático de gestión del almacén (Torregrosa & Ortí, 1999), mientras que los electrónicos sí lo hacen.

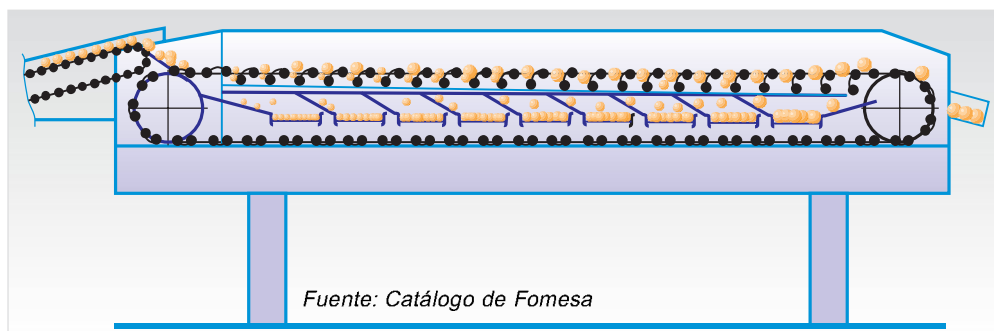
El presente artículo describe equipos comerciales antiguos y modernos que clasifican el producto según apariencia externa. Quedan fuera del alcance de este trabajo los nuevos equipos espectrofotométricos para analizar la calidad interna de la fruta en línea, así como los equipos para clasificar la fruta por su firmeza.

### Clasificación de frutas y hortalizas por tamaño

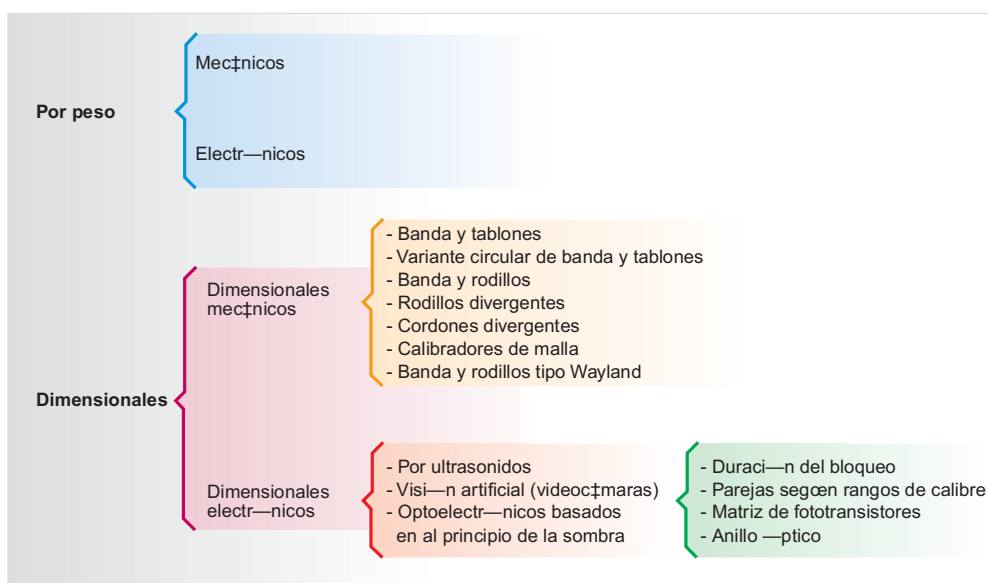
Las Normas de Comercialización de Frutas y Hortalizas Frescas establecen para los distintos productos que el calibre ha de venir dado en unos casos por el diámetro máximo de la sección ecuatorial y en otros por el peso unitario. Respecto al primer parámetro, hay que sobreentender que la norma se refiere a la sección máxima perpendicular al eje polar o eje de la flor, que no necesariamente tiene que coincidir con el ecuador del fruto (p.e. en pera Conferencia).

El que la información del calibre haya de venir en función del parámetro que indica la Norma, no obliga a que físicamente la operación de calibrado se realice con una máquina *ad hoc*. Por ejemplo, en naranja –cuyo calibre ha de venir en función del diámetro máxi-



**Figura 1:****Calibrador de rodillos divergentes.**

Fuente: Catálogo de Fomesa

**Figura 2:****Tipos de calibradores para frutas y hortalizas.**

mo de la sección ecuatorial- si disponemos de buena correlación entre ese parámetro y el peso, podremos emplear un calibrador por peso en vez de uno dimensional.

**Calibradores por tamaño**

La clasificación de los diferentes tipos de calibradores aparece en la Figura 2. Los calibradores mecánicos por peso se basan en el peso necesario para vencer la resistencia de muelles. Se regula la tensión de cada muelle en los distintos puntos de salida: los muelles “más duros” van al principio y los “más blandos” al final de la línea, con lo que los frutos más pesados salen antes que los más pequeños.

Actualmente están obsoletos debido a las ventajas de los calibradores electrónicos por peso; dichas ventajas son, resumidamente (Studman, 2001): (1) una mayor velocidad de trabajo; (2) se

■ Tradicionalmente, la separación de frutos por densidad se ha venido haciendo por inmersión en agua, y las consiguientes diferencias de flotación. Para clasificar fruta por densidad mediante un calibrador electrónico mixto visión-peso, se necesitan dos datos: el peso y el volumen

puede seleccionar la posición de los puntos de salida para acomodarse al diseño de la nave; (3) cambio de rangos de calibre mucho más rápido.

**Calibradores de banda y rodillos.** Suponen un avance respecto a los de banda y tablonos, ya que la fruta sufre menos abrasión. En ambos tipos de calibradores, los frutos más grandes salen por las últimas salidas de la máquina, mientras que los más pequeños lo hacen por las primeras. Calibran la fruta según su diámetro menor. En ambos casos la separación entre el rodillo o tablón y la banda transportadora, en cada tramo, determina el calibre que pasa.

**Variante circular del calibrador de banda y tablonos.** Este tipo de calibrador tiene la ventaja sobre el de banda y tablonos lineal de que ocupa menos espacio.

**Calibradores de rodillos divergentes** (Figura 1). Inicialmente se desarrollaron a partir del concepto de los transportadores de rodillos. Un mecanismo adecuado hace que la separación entre rodillos vaya en aumento a medida que avanzan. En el Cuadro 2 se incluyen capacidades de trabajo de un calibrador de este tipo.

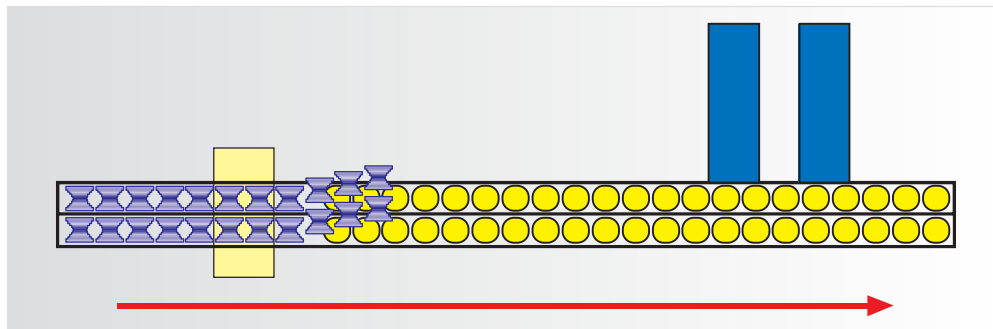
**Calibrador de cordones divergentes.** Consiste en dos cintas o cordones divergentes cuyo ángulo se va abriendo en sentido del movimiento, por lo que los calibres mayores caen al final y los pequeños al principio. Se puede apreciar su diseño en la Figura 5.

**Calibradores de malla.** Se suelen emplear para eliminar los calibres más pequeños, por ejemplo, en centrales cítricas, recibiendo entonces el nombre de precalibradores, o como calibradores propiamente dichos en productos como el ajo.

**Calibrador de banda y rodillos “tipo Wayland”** (Peleg, 1985): en este caso, a diferencia del calibrador de banda y rodillos estándar, la cinta o banda transportadora es horizontal y los sucesivos rodillos van sobre dicha banda dispuestos de manera contraria al tipo banda y rodillos, es decir, desde el comienzo hacia el final

**Figura 3:**

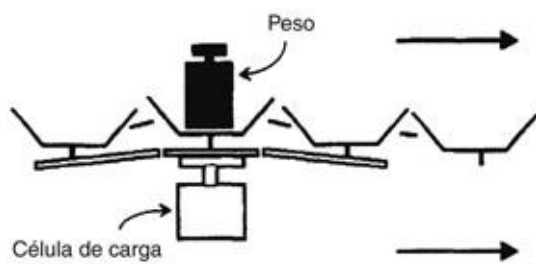
**Calibrador mixto visión - peso. Los diablos sirven a la sección de visión y las tazas, de color amarillo, a la sección de pesado y eyección.**



Fuente: Documentación CVS.

**Figura 4:**

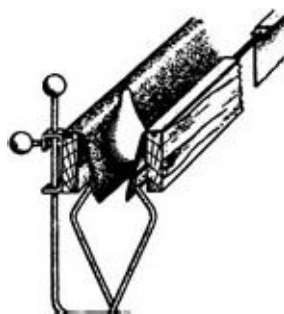
**Calibrador de rodillos divergentes.**



Fuente: Francés et al (2000).

**Figura 5:**

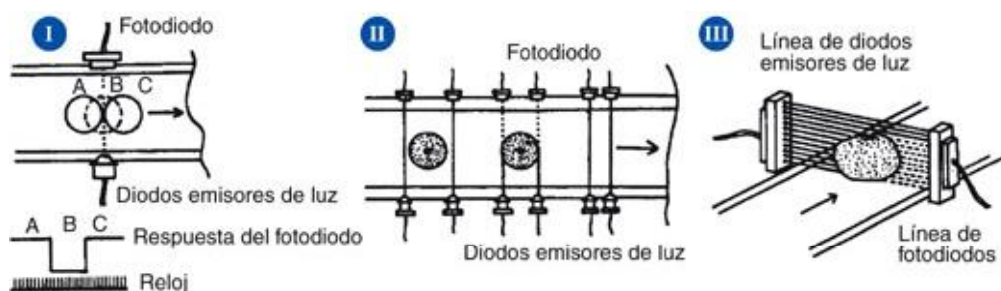
**Calibrador de cordones divergentes.**



Fuente: Peleg (1985).

**Figura 6:**

**Tres tipos de calibrador optoelectrónico por bloqueo de luz.**



Fuente: Iwamoto & Chuma (1981)

la separación con la banda va disminuyendo. Los frutos sólo son contactados una vez, al llegar a su hueco calibrador correspondiente a su tamaño.

**Calibradores por visión artificial:** Su objetivo es adquirir imágenes y analizarlas para ex-

traer información de tamaño, color, etc. En la primera foto de este artículo se aprecia la entrada a la cámara de iluminación de un calibrador de este tipo, con el detalle de los cepillos para eliminación de “frutos dobles”, que así se conoce en el argot a dos frutos que

van en la misma cazoleta de transporte, y que inducen a error al programa de análisis de imagen.

Hay una gran variedad de soluciones técnicas según los distintos fabricantes, siendo un campo en el que continuamente se realizan nuevos avances. Normalmente constan de una cámara de iluminación en la que, aparte de lámparas, hay videocámaras y espejos que proporcionan variados puntos de vista. El objetivo es poder ver la mayor parte de la superficie de frutos posible.

La fruta a su paso por la cámara de iluminación es sometida a un movimiento de rotación para poder inspeccionar la totalidad de la superficie externa del fruto.

La iluminación en los sistemas de visión es un aspecto a tener muy en cuenta. Tradicionalmente las lámparas que se han empleado han sido principalmente fluorescentes y de incandescencia. Para trabajar en el infrarrojo, las lámparas fluorescentes no son adecuadas, pero las incandescentes sí lo son. En los últimos años las lámparas de incandescencia han sido sustituidas por halógenas, cuyo rendimiento luminoso no decae con el tiempo, cosa que sí sucede con las primeras, donde la luz efectiva puede decaer hasta el 50% a lo largo de su vida útil por el oscurecimiento de la ampolla que provocan los depósitos de tungsteno evaporado (Miller, 1987).

En cuanto a los electroópticos que funcionan por bloqueo de luz, tenemos los tres tipos que aparecen en la Figura 6. El tipo (I) o “duración del bloqueo” determina el tamaño del fruto en función del tiempo que esté interrumpiendo el rayo óptico: a más tiempo, fruto más grande. El tipo (II) consiste en colocar dobles parejas de emisores y receptores; la distancia entre cada pareja está de acuerdo con los rangos de calibre comerciales para el producto en cuestión.

Las distancias “intrapareja” van disminuyendo hacia delante en la línea. Cuando el fruto llegue a una pareja en la que simultánea-



mente interrumpe los dos rayos ópticos, quedará clasificado en ese calibre. El tipo (III), o matriz de fototransistores, determina el calibre del fruto según su altura.

El tipo de anillo óptico es un sistema parecido al de matriz de fototransistores pero con los transductores sobre un soporte circular a través del cual pasan los frutos. Este equipo está siendo objeto de estudio por los autores desde hace un par de años.

### **Clasificación según densidad o peso específico**

Un moderno calibrador mixto de visión y peso permite clasificar la fruta por densidad, por ejemplo para eliminar frutos dañados por helada. En el caso de una partida de cítricos que llega a una línea de clasificación proveniente de un huerto que ha sufrido una helada, lo más probable es que haya muchos frutos dañados, pero también habrá bastantes que no

### **■ En relación con la forma de los tomates no es suficiente un calibrador por peso para cumplir la normativa estadounidense, que establece los calibres en función del diámetro máximo ecuatorial**

hayan sufrido daño alguno, por su posición en el árbol, etc. La separación por medios mecánicos requiere que hayan transcurrido al menos cuatro semanas, ya que antes no se manifiesta la disminución de densidad en los frutos helados (Wardowski et al., 1998).

Tradicionalmente, la separación por densidad se ha hecho por inmersión de la fruta en agua y las consiguientes diferencias de flotación. Para clasificar fruta por densidad, por ejemplo separar fruta helada (menos densa) de sana (más densa) mediante calibrador elec-

trónico mixto visión-peso, se necesitan dos datos: peso y volumen. Si bien la determinación del peso es muy exacta, no ocurre lo mismo con la del volumen, al menos con las cámaras y análisis de imagen normalmente empleados en los calibradores comerciales.

Miller et al. (1988) establece que las fuentes de error son, por un lado, la resolución de la cámara y, por otro, la ecuación empleada para calcular el volumen. En una comparación llevada a cabo para la separación de cítricos dañados por helada entre un equipo tradicional hidrodinámico y un calibrador electrónico mixto de imagen y peso, obtuvieron el siguiente resultado: una tasa de error entre 3 y 16% para el sistema hidrodinámico y una tasa de error entre 9 y 18 % para el calibrador electrónico. Así pues, los resultados son algo mejores para el equipo hidrodinámico, pero hay que indicar que dicha maquinaria

**INVERCA**  
**TECNOLOGÍA**  
**PRODUCTIVA**

  
**INVERCA**  
GRUPO INVERCA

INVERNADEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.  
INVERNADEROS DE CASTELLÓN, S.A.  
Pol. "El Serrallo", Ctra. Grao-Almazora, Km 1,5  
12100 GRAO DE CASTELLÓN (ESPAÑA)  
Tel. 0034 964 28 22 32  
Fax 0034 964 28 24 40  
e-mail: [inverca@invercagroup.com](mailto:inverca@invercagroup.com)  
<http://www.invercagroup.com>

**LA CALIDAD Y EL DISEÑO DISTINGUEN A LOS INVERNADEROS INVERCA**

**DISEÑAMOS EL INVERNADERO ADAPTÁNDONOS A LAS NECESIDADES DE SU CULTIVO, CON EL FIN DE QUE OBTENGAN LA MÁXIMA RENTABILIDAD**





requiere una atención constante del operador para obtener sus mejores resultados.

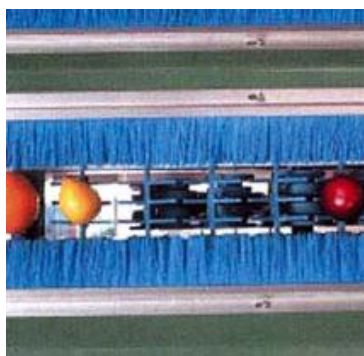
### Clasificación de frutas y hortalizas por su forma

Es un aspecto no resuelto del todo. En Florida (EE.UU.) existen problemas con los pomelos malformados, ya que los equipos de visión no pueden distinguir, y por tanto separar, los buenos de los

**Sobre estas líneas, calibrador de banda y rodillos y calibrador de malla.**

**A la derecha, calibrador mixto visión - peso.**

**Foto: Catálogo Durand - Wayland.**



deformes. Si se pudiera determinar con fiabilidad la dirección del eje polar de los pomelos, sería fácil clasificarlos correctamente.

También relacionado con la forma de los frutos, tomates concretamente, Sargent et al. (1988), vieron que no era suficiente un calibrador por peso para cumplir la normativa estadounidense, que establece los calibres en función del diámetro máximo ecuatorial.



Antigranizo



Anti-áfidos



Cortaviento

Creada en el 1936, ARRIGONI SPA produce mallas de alta resistencia y calidad, en sus unidades productivas en Italia. La experiencia, unida a la continua búsqueda técnica, extrusión de monohilo y de filin primario, extrusión de cinta o rafia, tejido en hilo plano y raschel, ha llevado la firma a ser líder del sector.

Mallas antigranizo, sombreadoras, cortaviento, anti-pájaros, anti-áfidos, producidas para satisfacer las crecientes exigencias de la agricultura moderna. Hoy como ayer, ARRIGONI es sinónimo indiscutible de calidad en todo el mundo.

## MALLAS DE ALTA RESISTENCIA PARA LA PROTECCIÓN DE LOS CULTIVOS





La razón es que en el caso del tomate de variedades “clásicas”, la correlación entre diámetro máximo ecuatorial y peso no es suficientemente alta, debido a la irregularidad en la forma del producto.

De ahí que en la mayoría de las instalaciones de clasificación de este producto se opte por un calibrador exclusivamente por visión, que permite además la clasificación por color, y, con suerte, según la cantidad de manchas o daños en la piel.

### Clasificación de frutas y hortalizas por su color

Por una parte se han empleado sistemas basados en espectrofotometría, y por otro lado se ha empleado análisis de imágenes obtenidas con videocámaras. Actualmente en las centrales hortofrutícolas el sistema más extendido es el segundo. El método que emplean estos sistemas para clasificar los frutos por su color es



**Variante circular de calibrador de banda y tablones.**

en la fruta que caiga dentro de una determinada categoría.

Por tanto, estos equipos consiguen clasificar lotes homogéneos de color por las distintas salidas (por ejemplo podemos establecer 4 clases en mandarina: desde frutos con mucha cantidad de color verde hasta frutos con menos de un 5% de color verde). Pero ese color verde es definido “subjetivamente” por el usuario, sin que tenga necesariamente relación con el color verde de una carta o escala de color normalizada.

### Clasificación por defectos visibles o externos

La detección de defectos en la piel de frutos va íntimamente unida a la capacidad de la técnica empleada para no confundir la cavidad peduncular o el cáliz con una magulladura u otro tipo de defecto. Podemos dividir las técnicas empleadas en cuatro grupos (Wen & Tao, 2000):

NOTICIAS

2004

## Por fin soluciones de riego en la red

Azud lanza un nuevo servicio para ofrecer soluciones de riego en la red.

Siempre a la vanguardia de las nuevas tecnologías, la empresa se incorpora al comercio electrónico facilitando a sus clientes servicio de venta, asesoramiento y ayuda on-line. Todo lo que necesitas saber en

[www.azud.com](http://www.azud.com)



En Azud vamos por delante. Azud es pionera en investigación y desarrollo de nuevos productos de alta tecnología. Más de 25 años de experiencia internacional en un sector que cambia continuamente y en el que la investigación y la anticipación son piezas clave. Muchos años de trabajo que permiten ofrecer una amplia gama de soluciones orientadas a obtener los mejores resultados.

**AZUD**  
La Cultura del Agua

**SISTEMA AZUD, S.A.** Polígono Industrial Oeste • Avda. de las Américas P. 6/6. Apdo 147 • 30820 ALCANTARILLA - MURCIA - SPAIN  
Tel.: +34 968 808 402 • Fax: +34 968 808 302 • [azud@azud.com](mailto:azud@azud.com) • [www.azud.com](http://www.azud.com)

**Cuadro 1:****Resumen de exactitud de calibrado para mandarinas de Florida.**

Tipo de calibrador	Exactitud general en el calibrado (%)		
	Media	Desv. Típica	Rango
Comercial de rodillos divergentes	50,7	10,1	35,7-64,8
Comercial de banda de rodillos	65,3	4,7	57,3-68,2
Prototipo de dos líneas, peso	66,2	4,9	57,3-72,1
Prototipo de dos líneas, videocámara	64,4	18,8	41,6-89,4

Fuente: Miller (1990)

Nota: Los valores tan bajos de exactitud media se deben a la forma en que se realizó el experimento, sin solape entre rangos de calibre adyacentes.

**Cuadro 2:****Capacidad de los calibradores de rodillos en toneladas/hora.**

Producto	Anchura del rodillo			
	1,3 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m
Mandarinas	10	12	15	17
Limones	18	22	25	28
Naranjas	20	25	30	35
Pomelos	25	30	35	40

Fuente: Ortiz-Cavañete (2003)

- Intentar, con orientación mecánica, que no aparezcan en las imágenes el pedúnculo y el cáliz. Esto unas veces se consigue y otras no, debido a la variabilidad en la forma de los productos hortofrutícolas.

- Procesado de imágenes 2D.  
- Reconstrucción tridimensional mediante luz láser estructurada. Consiste en proyectar un patrón de luz conocido sobre el fruto, una manzana por ejemplo, el cual se curva al intersectar con ésta más o menos dependiendo de la zona del fruto.

Así, las zonas oscuras de la imagen con poco curvado del patrón corresponderán realmente a magulladuras, mientras que las zonas oscuras con mucho curvado corresponden a la cavidad peduncular.

- Empleo de dos videocámaras: una NIR (infrarrojo cercano) y otra MIR (infrarrojo medio). Una de ellas detecta tanto defectos como concavidades, mientras que la otra sólo detecta concavidades. Por comparación lógica entre la imágenes de ambas cámaras, se consigue el objetivo buscado.

Los más empleados son los dos primeros métodos. El de la luz estructurada ha mostrado ser muy bueno en estático, pero en dinámico tiene problemas; el cuarto consigue resultados muy buenos, pero se desconoce la velocidad a la que puede trabajar el sistema.

**Consideraciones finales**

Cuando se utilizan calibradores mixtos ópticos por visión-peso, la solución adoptada por los fabricantes de maquinaria es colocar primero en la línea la unidad de visión y a continuación la sección de pesado. En la unidad de visión interesa que la fruta gire para inspeccionar toda su superficie, por lo que se suelen emplear biconos truncados que imprimen al fruto su movimiento de rotación; además, la fruta va individualizada entre cada dos diábolos.

Para la sección de pesado interesa un recipiente que simplemente albergue los frutos individualizados. Por todo ello, los fabricantes han ido desarrollando en los últimos años diferentes in-

genios para hacer compatibles ambos sistemas de medida. Una solución consiste en hacer una transferencia por torsión de la cadena de diábolos a una cadena independiente que lleva las cazoletas de pesado. Otra solución, es la iluminación interior de la cámara de la sección de visión, en donde van los diábolos y las "manos" para el pesado; al final de ese tramo, los discos desaparecen por la parte inferior quedando sólo activas o funcionales las "manos".

La ventaja de esta segunda solución es que se prescinde de la transferencia entre cadenas, lo cual es beneficioso no tanto por los posibles daños a la fruta, ya que la transferencia es prácticamente a nivel, sino porque muchas veces dicha transferencia supone un punto donde los frutos más pequeños se caen de la línea.

En cuanto al lugar u orden del calibrador electrónico en la línea, se suelen poner operarios manuales al comienzo de la línea - mesas de tria- para una primera clasificación grosera mientras que el calibrador se encarga de separar los frutos por distintas salidas donde son directamente empaquetados. Pero a veces se emplea una disposición opuesta: se coloca el calibrador casi al principio de la línea y la labor de clasificación fina, es decir, la previa al empaquetado, se reserva a operarios manuales. En cualquier caso, siempre suele haber una tria manual justo a continuación del volcado.

En cuanto a la velocidad de operación/manipulación de las líneas de funcionamiento, las mayores velocidades se recomiendan para cítricos (hasta diez frutos por segundo o más), que por tener una piel gruesa sufren menos magulladuras, mientras que para fruta las velocidades aconsejadas son menores, en torno a cuatro - seis frutos/seg.

■ **Para clasificar las frutas y hortalizas por su color se han empleado sistemas basados en espectrofotometría o bien análisis de imágenes obtenidas con videocámaras. Actualmente en las centrales hortofrutícolas el sistema más extendido es el segundo**

**Bibliografía**

■ La Bibliografía completa se encuentra en:  
[www.horticom.com?57852](http://www.horticom.com?57852)



# RAZORMIN



## BIOESTIMULANTE Y ENRAIZANTE



**Atlántica Agrícola, s.a.**

C/ Corredera, 33 Telf: (34) 965 80 04 12 - 965 80 03 58 - Fax: (34) 965 80 03 23  
03400 VILLENA (ALICANTE) SPAIN [http:// www.atlanticaagricola.com](http://www.atlanticaagricola.com) - E-mail: [info@atlanticaagricola.com](mailto:info@atlanticaagricola.com)